

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-313562

(43)Date of publication of application : 25.10.2002

(51)Int.Cl. H05B 33/10
C09K 11/06
H05B 33/14
H05B 33/24
H05B 33/26

(21)Application number : 2001-117256

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP
CAMBRIDGE UNIV TECHNICAL
SERVICES LTD

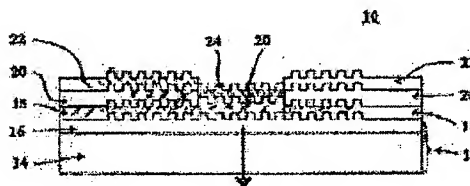
(22)Date of filing : 16.04.2001

(72)Inventor : KAWASE TAKEO

(54) LIGHT EMITTING ELEMENT AND METHOD OF MANUFACTURING LIGHT EMITTING ELEMENT**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light emitting element of high efficiency, applicable to optical communication with the structure containing an organic luminescent material layer formed on a base material.

SOLUTION: This light emitting element is provided with the base material 14 having first and second regions; a first opaque electrode 18 formed on the base material in the first region; the organic luminescent material layer 20 which has at least one corrugated planar surface provided on the first opaque electrode in the first region; the organic luminescent material layer 20 which has at least one corrugated planar surface provided on the base material in the second region; a second opaque electrode 22 formed on the luminescent material in the first region; and a mirror 24 formed on the luminescent material in the second region.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-313562

(P2002-313562A)

(43) 公開日 平成14年10月25日 (2002. 10. 25)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 5 B 33/10		H 0 5 B 33/10	3 K 0 0 7
C 0 9 K 11/06	6 8 0	C 0 9 K 11/06	6 8 0
H 0 5 B 33/14		H 0 5 B 33/14	A
33/24		33/24	
33/26		33/26	Z
審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 12 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-117256(P2001-117256)

(22) 出願日 平成13年4月16日 (2001. 4. 16)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(74) 代理人 100095728

弁理士 上柳 雅彦 (外1名)

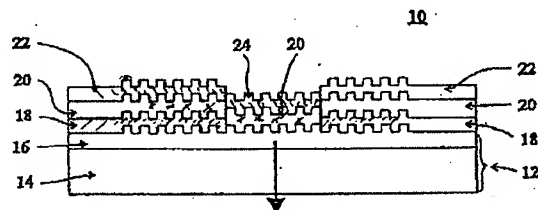
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子及び発光素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 効率が高く、光通信に適用可能な、基材上に構成された有機発光材料層を含有する構造を有する発光素子を提供する。

【解決手段】 第1および第2の領域を有する基材14、該第1の領域中の基材上に形成された第1の不透明電極18、該第1の領域中の第1の不透明電極上に設けられた少なくとも1つの波型であるプレーナ表面を有する有機発光材料層20、該第2の領域中の基材上に設けられた少なくとも1つの波型であるプレーナ表面を有する有機発光材料層(20)、第1の領域中の発光材料上に形成された第2の不透明電極22、及び第2の領域中の発光材料上に形成されたミラー24を具備する発行素子。



【特許請求の範囲】

【請求項1】第1および第2の領域を有する基材、該第1の領域中の基材上に形成された第1の不透明電極、該第1の領域中の第1の不透明電極上に設けられた少なくとも1つの波型であるブレーナ表面を有する有機発光材料層、該第2の領域中の基材上に設けられた少なくとも1つの波型であるブレーナ表面を有する有機発光材料層、第1の領域中の発光材料上に形成された第2の不透明電極、及び第2の領域中の発光材料上に形成されたミラーを具備する発光素子。

【請求項2】前記第1および第2の領域中の発光材料が同じ材料である請求項1記載の発光素子。

【請求項3】前記第2の不透明電極およびミラーが同じ材料により形成されている請求項1または2記載の発光素子。

【請求項4】第1および第2の領域を有する基材；該第1の領域中の基材上に形成された第1の不透明電極；該第1の領域中の第1の電極上に設けられ波型をつけられた少なくとも1つのブレーナ表面を有する第1の有機発光材料層；第2の領域中の基材上に設けられ波型をつけられた第1の有機発光材料層；該第1の領域中の第1の発光材料層上に形成された第2の電極；該第1の領域中の第2の電極上に形成された電気絶縁材料層；該第2の領域中の第1の発光材料層上に形成された透明材料層；該第1の領域中の電気絶縁材料上に形成された第3の電極；該第1の領域中の第3の電極上に設けられ波型をつけられた少なくとも1つのブレーナ表面を有する第2の有機発光材料層；該第2の領域中の透明材料層上に設けられ波型をつけられた少なくとも1つのブレーナ表面を有する第2の有機発光材料層；該第1の領域中の第2の発光材料層上に形成された第4の不透明電極；および該第2の領域中の第2の発光材料層上に形成されたミラーを含有する発光素子。

【請求項5】前記第1および第2の領域中の第1の発光材料が同じ材料である請求項4記載の発光素子。

【請求項6】前記第1および第2の領域中の第2の発光材料が同じ材料である請求項4記載の発光素子。

【請求項7】前記第4の電極およびミラーが同じ材料で形成されている請求項4記載の発光素子。

【請求項8】前記基材が波型表面を有する請求項1乃至7のいずれかに記載の発光素子。

【請求項9】前記導電性ポリマー層が第1の電極上に形成され、導電性ポリマー層は第1の電極に面する表面と反対側に波型表面を有し、かつ前記第1の領域の第1の発光材料は導電性ポリマー層の前記波型表面と接する請求項1乃至7のいずれかに記載の発光素子。

【請求項10】前記発光材料が 1000 cm^{-1} 以下の吸収係数を有する請求項1乃至9のいずれかに記載の発光素子。

【請求項11】前記発光材料が共役ポリマーを含有する

請求項1乃至10のいずれかに記載の発光素子。

【請求項12】前記発光材料がポリフルオレン誘導体を含有する請求項1乃至10のいずれかに記載の発光素子。

【請求項13】少なくとも1つの波型表面は式： $\Lambda = v\lambda_0 / n \sin \theta_m$ によるピッチ Λ を有する（ここで θ_m は、発光材料中の導波モード m を伝搬する光の発光材料層の上側および下側表面からの反射角であり、 λ_0 は出力波長であり、 n および v は整数である）請求項1乃至12のいずれかに記載の発光素子。

【請求項14】少なくとも1つの波型表面のピッチが300～450 nmの範囲である請求項1乃至13のいずれかに記載の発光素子。

【請求項15】少なくとも1つの波型表面が一次元の周期構造を有する請求項1乃至14のいずれかに記載の発光素子。

【請求項16】少なくとも1つの波型表面が二次元の周期構造を有する請求項1乃至14のいずれかに記載の発光素子。

【請求項17】少なくとも1つの波型表面が三次元の周期構造を有する請求項1乃至14のいずれかに記載の発光素子。

【請求項18】少なくとも1つの波型表面がチャープ格子構造（structure of chirping grating）を有する請求項1乃至14のいずれかに記載の発光素子。

【請求項19】第1および第2の領域を有する基材を提供する工程と、第1の領域中の基材上に第1の不透明電極を設ける工程と、第1の領域中の第1の不透明電極上に有機発光材料層を設ける工程と、第2の領域中の基材上に有機発光材料層を設ける工程と、各発光材料に、波型をつけられた少なくとも1つのブレーナ表面を設ける工程と、第1の領域中の発光材料上に第2の不透明電極を設ける工程と、第2の領域中の発光材料上にミラーを設ける工程を具備する発光素子の製造方法。

【請求項20】第1および第2の領域を有する基材を提供する工程と、第1の領域中の基材上に第1の不透明電極を設ける工程と、第1の領域中の第1の電極上に第1の有機発光材料層を設ける工程と、第2の領域中の基材上に第1の有機発光材料層を設ける工程と、第1の各発光材料層に波型をつけられた少なくとも1つのブレーナ表面を設ける工程と、第1の領域中の第1の発光材料層上に第2の電極を設ける工程と、第1の領域中の第2の電極上に電気絶縁材料層を設ける工程と、第2の領域中の第1の発光材料層上に透明材料層を設ける工程と、第1の領域中の電気絶縁材料上に第3の電極を設ける工程と、第1の領域中の第3の電極上に第2の有機発光材料層を設ける工程と、第2の領域中の透明材料層上に第2の有機発光材料層を設ける工程と、各第2の発光材料層に波型をつけられた少なくとも1つのブレーナ表面を設ける工程と、第1の領域中の第2の発光材料層上に第4

の不透明電極を設ける工程と、第2の領域中の第2の発
光材料層上にミラーを設ける工程とを具備する発光素子
の製造方法。

【請求項21】第1の発光材料が少なくとも1つの波型
表面を有するように調整する工程が、基材上に波型表面
を設けることを包含する請求項19または20記載の発
光素子の製造方法。

【請求項22】光硬化樹脂を有する基材を提供する工程
と、型を用いて樹脂を成形することによって基材上に波
型表面を形成する工程と、樹脂を放射線に曝して樹脂を
硬化する工程を具備する請求項21記載の発光素子の製
造方法。

【請求項23】導電性ポリマー層を第1の電極上に形成
する工程を更に具備し、第1の領域中の第1の発光材料
が少なくとも1つの波型表面を有するように調整する工
程が、導電性ポリマー層上に波型表面を設けることを包
含する請求項19または20記載の発光素子の製造方
法。

【請求項24】ポリマーの型を用いて層を成形すること
によって導電性ポリマー層上に波型表面を形成し、熱を
印加することによって層を硬化する工程を具備する請求
項23記載の発光素子の製造方法。

【請求項25】導電性ポリマー層上に波型表面を設ける
工程が、導電性ポリマー材料を第1の電極上にスピスコ
ートする工程と、導電性ポリマー材料を型の波型表面上
にスピスコートする工程と、スピスコートされた型を、
第1の電極上に提供された導電性ポリマー層上に配置す
ることによって2つの導電性ポリマー層を一体に挟み、
次いで型を除去する工程を具備する請求項23記載の発
光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は特に、基材上に構成
された有機発光材料層を含有する構造を有する発光素
子、発光素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】基材上に構成された有機発光材料層を
含有する構造を有する従来の発光素子は、基材、透明電
極、有機発光材料層および第2の電極がこの順で構成さ
れてなる。このような発光素子では、正孔を発光材料へ
と一方電極（通常透明電極）から注入し、電子を他方電
極から注入する。発光または活性材料における電子正孔
再結合は光を生じる。発生した光は素子から透明電極お
よび基材を通して放出される。これらの従来の素子は低
効率を有し、比較的低強度のむしろ全般的スペクトルの
出力を提供する。これらの特性は望ましくないが、いく
つかの用途では黙認することができる。しかし光通信の
ような用途では致命的である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、前述

の不都合を緩和した、基材上に構成された有機発光材料
層を含有する構造を有する発光素子を提供することであ
る。

【0004】本発明の第1の観点によれば、第1および
第2の領域を有する基材、該第1の領域中の基材上に形
成された第1の不透明電極、該第1の領域中の第1の不
透明電極上に設けられた少なくとも1つの波型であるプ
レーナ表面を有する有機発光材料層、該第2の領域中の
基材上に設けられた少なくとも1つの波型であるプレー
ナ表面を有する有機発光材料層、第1の領域中の発光材
料上に形成された第2の不透明電極、及び第2の領域中
の発光材料上に形成されたミラーを具備する発行素子が
提供される。

【0005】本発明の第2の観点によれば、第1および
第2の領域を有する基材；該第1の領域中の基材上に形
成された第1の不透明電極；該第1の領域中の第1の電
極上に設けられ波型をつけられた少なくとも1つのプ
レーナ表面を有する第1の有機発光材料層；第2の領域中
の基材上に設けられ波型をつけられた第1の有機発光材
料層；該第1の領域中の第1の発光材料層上に形成され
た第2の電極；該第1の領域中の第2の電極上に形成さ
れた電気絶縁材料層；該第2の領域中の第1の発光材料
層上に形成された透明材料層；該第1の領域中の電気絶
縁材料上に形成された第3の電極；該第1の領域中の第
3の電極上に設けられ波型をつけられた少なくとも1つ
のプレーナ表面を有する第2の有機発光材料層；該第2
の領域中の透明材料層上に設けられ波型をつけられた少
なくとも1つのプレーナ表面を有する第2の有機発光材
料層；該第1の領域中の第2の発光材料層上に形成され
た第4の不透明電極；および該第2の領域中の第2の発
光材料層上に形成されたミラーを含有する発光素子、が
提供される。

【0006】本発明の第3の観点によれば、第1および
第2の領域を有する基材を提供する工程と、第1の領域
中の基材上に第1の不透明電極を設ける工程と、第1の
領域中の第1の不透明電極上に有機発光材料層を設ける
工程と、第2の領域中の基材上に有機発光材料層を設け
る工程と、各発光材料に、波型をつけられた少なくとも
1つのプレーナ表面を設ける工程と、第1の領域中の発
光材料上に第2の不透明電極を設ける工程と、第2の領
域中の発光材料上にミラーを設ける工程を具備する発光
素子の製造方法、が提供される。

【0007】本発明の第4の観点によれば、第1および
第2の領域を有する基材を提供する工程と、第1の領域
中の基材上に第1の不透明電極を設ける工程と、第1の
領域中の第1の電極上に第1の有機発光材料層を設ける
工程と、第2の領域中の基材上に第1の有機発光材料層
を設ける工程と、第1の各発光材料層に波型をつけられ
た少なくとも1つのプレーナ表面を設ける工程と、第1
の領域中の第1の発光材料層上に第2の電極を設ける工

程と、第1の領域中の第2の電極上に電気絶縁材料層を設ける工程と、第2の領域中の第1の発光材料層上に透明材料層を設ける工程と、第1の領域中の電気絶縁材料上に第3の電極を設ける工程と、第1の領域中の第3の電極上に第2の有機発光材料層を設ける工程と、第2の領域中の透明材料層上に第2の有機発光材料層を設ける工程と、各第2の発光材料層に波型をつけられた少なくとも1つのプレーナ表面を設ける工程と、第1の領域中の第2の発光材料層上に第4の不透明電極を設ける工程と、第2の領域中の第2の発光材料層上にミラーを設ける工程とを具備する発光素子の製造方法、が提供される。

【0008】本発明によれば、従来の構成に対して、基材上に提供された活性層を2つの不透明電極間に挟んだ発光素子を提供する。

【0009】ある種の電子ポンプレーザー素子(electronically pumped laser devices)内に波型表面を使用する提案がなされていたことは理解されている。しかし、このような素子は基本的に、本発明が適用する発光素子に比べて、異なる構造および動作モードを有する。更に、従来の提案は主に理論的性質のものであり、実際に組み立てることは不可能ではないにしても、非常に困難な素子を想定していた。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明の実施態様を、ここで添付の図面を参照しながら更なる実施例で記載する。

【0011】2つの電極間に挟まれた活性な発光材料を包含する構造を有する従来の発光素子は、活性材料で発生した光が活性材料のプレーナ層に垂直に、透明電極および基材を通して発光することに基いて動作する。活性材料層は導波路として機能し、発生した光の実質部分を活性材料内の導波路モード(waveguide mode)にトラップすることができるが見出されている。活性な発光材料の屈折率が高いほど、発光材料中の導波路モードにトラップされる発生した光の割合が大きくなる。この考えは、発光層用として有機材料の使用、特に共役ポリマーを活性材料として使用する場合に特に重要である。これは、有機材料、特に共役ポリマーが、有機材料から発光される光の波長付近で高い屈折率を有するからである。このメカニズムにより、従来の素子の低効率および低出力強度を生じると考えられる。

【0012】すでに記載したように、従来の構成と正対に、本発明は基材上に提供された活性層を(基材の第1の領域において)2つの不透明電極間に挟んだ発光素子を提供する。本発明では、2つの電極間の活性材料層の少なくとも1つのプレーナ表面を波型形成することによって、活性材料内の放射(即ち活性材料層、基材等に垂直な従来の素子の出力)モードと光伝搬の導波路(トラップ)モードを接合する。このようにして、高い割合の発生光が導波路モード中を基材の第2の領域へと伝搬

する。

【0013】好ましくは、活性材料が基材の第1および第2の領域に渡って連続して伸びているが、必ずしも同一平面構造ではない。本質的な点は、第1の領域中の活性材料からの光が第2の領域中の活性材料に入ることである。また、第2の領域中の活性材料も少なくとも1つの波型表面を有する。ここで波型表面の機能は放射モードと導波路モードを接合することである。第2の領域では、第1の領域中の活性材料からきた導波路モード中の光は、放射モードに接合し、これによって光は基材の第2の領域において素子から出力される。素子の第2の領域の大きさ(有効出力開口)は光発生領域(第1の領域)に比べて小さく作ることができ、このようにして、出力強度を実質的に増加させることができる。

【0014】本発明のメカニズムは素子の出力を横方向に単純にシフトしたものではない。最も重要なことには、波型表面によって生じた伝搬モードの接合が波長選択性(鋭いピークの出力;非常に良好な色純度)を生じ、劇的に素子によって発生した光の出力の割合を増加させ、よって実質的に出力強度を増加させる。本発明による素子は従って、光通信システム、光ディスク、プリンター等での用途に好適である。更に、以下に説明するように、本発明による素子は比較的簡単に組み立てることができ、大型の製品に好適である。

【0015】先の記載に従って本発明の第1の実施態様をここで図1を参照しながら説明する。

【0016】図1に示すように、素子10は:基材12、第1の不透明電極18、活性材料20、第2の不透明電極22および不透明ミラー層24を包含する。基材12は、例えば、ガラスから形成されたベース14と透明樹脂層16を包含する。樹脂層16を提供することによって、以下に更に詳しく説明するように、活性材料20の波型表面の形成(直接的におよび電極18を介して)を容易にする。

【0017】陰極である電極22を、低仕事率を有する材料、例えば、Al、Ca等から形成する。電極18は陽極で例えば、Ag、Cu、Fe等の材料から選択される。

【0018】使用の際は電圧を印加して表示素子を駆動する。典型的に、電圧は2V~10Vの範囲である。正の電圧を陽極に印加し、陰極を接地することができる。

【0019】活性材料の波型表面のピッチの選択は重要であり、以下に詳しく説明する。好ましい構成では、基材の第2の領域での波型表面のピッチが基材の第1の領域での波型表面のピッチの2倍であるというべきである。

【0020】本発明の第2の実施態様を図2に示す。第2の実施態様は光発生層を積み重ねる概念を例示する。説明を簡単にするために、図1で使用した符号を図2に用いて堆積層素子の上層を示す。図2は本質的に二重堆

積素子を示し、ここでは第2の堆積物が、基材と図1に示す電極/活性材料層との間に設けられる。基材の第1の領域では、第2の堆積物は：不透明陽極26、活性材料層28および不透明陰極30を包含する。電気絶縁材料層32を第2の堆積物の陰極30と第1の堆積物の陽極18の間に提供する。第2の領域では、第2の堆積物は活性材料34を包含する。図示されるように、第2の堆積物はミラー層を含まない、なぜならこれは第2の領域において第1の堆積物からの発光を遮断するからである。第2の領域中で、活性材料34と活性材料20の間の透明材料36は、電極や活性材料層の厚さより大きい厚さを有することによって、第1および第2の領域における活性材料20の正確な位置決めを可能とする。

【0021】陽極は正孔注入を提供し、陰極は電子注入を提供する。従って、異なる材料が2つの電極に要求される。陽極は高い仕事関数（典型的に約5 eV）の材料であるべきであり、例えば、金、白金、または銅のような材料を使用してもよい。陰極材料は低い仕事関数を有するべきであり、例えば、Li、Ca、Na、Mg、Al、Nd、SmおよびGaのような材料を使用してもよい。

【0022】図1および2は部分図であり、従って、いわゆる基材の第2の領域（即ちミラー24を含む）は、いわゆる基材の第1の領域（即ち不透明電極18および22を含む）で取り囲まれてもよいことは明らかである。もちろん、正確な設計の多くのバリエーションが可能であり、ここでの記載は主に第1および第2の領域の主な構造および機能に関する。

【0023】図2に示す実施態様を用いて単純に出力強度を増加させることができる。また、これを使用することによって、1画素から幾つか別個の波長を出力することができる。従って、異なる活性材料および異なる波型構造（特にピッチに関する）を異なる堆積物に使用することができる。堆積物の順序は通常、波長に依存する。

【0024】本発明は活性層が波型表面を有する発光素子を提供する。波型のピッチは、その幅が小さいほど、以下に記載するように、素子の機能に影響する。しかし、本発明の実施可能な実施態様について、特に留意すべき4つの領域がある。これらは：製造方法、活性層中の光損失、波型のピッチおよび波型の周期構造である。特に留意すべきこれらの4つの領域のそれぞれを以下に議論し、次に多くの具体的実施例を記載する。

【0025】（製造方法）本発明の有効性は、多くの異なる組み立て方法が本発明による発光素子を製造する際の使用に好適であることである。

【0026】本発明による発光素子で使用するための基材を形成する方法を、図3に例示する。この構成では、基材12は2つの構成要素、即ち透明ベース14と光重合樹脂16を含有する。図3aに示すように、光重合樹脂16をベース材料14の上側表面に塗布する。図3b

に示すように、光重合樹脂16はスタンピング型（stamping mold）40の波型部分の領域と少なくとも同じ大きさの領域を覆っている。スタンピング型を光重合樹脂16に押し付けるのだが、ここでこれは光重合樹脂16を均一な厚さの層へと平らに伸ばす効果を有する（過剰の樹脂はエッジから外に流れる）。この操作は好ましくは、真空中で行われ、樹脂層中に泡が発生するのを防止するようにする。図3cに示すように、UV放射線を透明ベース14を介して照射することによって、樹脂16を硬化する。樹脂を硬化した後、スタンピング型を除去して、波型の上側表面42を有する完成した基材12を残す。この波型表面を用いて波型の活性層を形成する。この方法は特に大型の製品に適している。

【0027】導電性ポリマー層を溶液からのスピン塗布によって形成する。導電性ポリマー層の表面も波型を有する。これは光重合層上の波型と正確に同じではなく、僅かに浅めで丸めである。また、導電性ポリマー層の代わりに、正孔輸送層も適用可能である。スピンコートはポリマータイプの正孔輸送層に好適であり、蒸着が低分子タイプの正孔輸送層に好適である。発光層については、（ポリマータイプか、低分子タイプかという）タイプに依存して、スピンコートまたは蒸着のいずれかの方法を用いる。陰極については、金属蒸着により形成することができる。

【0028】図3の方法により形成された基材を使用する代わりに、第1の電極がその上に形成され、電極上に形成された導電性ポリマーフィルムを備えた透明基材の構成を使用することができる。ここで導電性ポリマーに波型表面を設ける。このような別の構成要素を形成する方法を図4に示す。

【0029】図4では、構成要素120を、第1の電極124をその上に有する透明基材122を提供することによって形成する。図4aに示すように、透明ポリマーマトリックスに埋め込まれた共役ポリマーの溶液126を、次に電極124の上側表面に塗布する。図4bに示すように、溶液126はスタンピング型128の波型部分の領域と少なくとも同じ大きさの領域を覆っている。スタンピング型を溶液126しっかりと押し付けるのだが、ここでこれは溶液を均一な厚さの層へと平らに伸ばす効果を有する。この構成を次に加熱することによって乾燥させ溶液126中の固形含有物を固化させる。固形含有物を固化した後、スタンピング型を除去して、波型の上側表面130を有する完成した基材120を残す。

【0030】金属（例えば、ニッケル）のスタンピング型を図3の方法で使用することはできるが、金属スタンピング型の使用は、溶剤の蒸発が乾燥工程中に要求される図4の方法には適さないと判断されるであろう。従って、図4の方法では、溶剤が浸透することができるポリマー製のスタンピング型を使用してもよい。更に、図4

の方法は真空乾燥の使用を含んでもよい。

【0031】構成要素120を形成する別の方法を図5に示す。図5の方法は2つの構成要素を形成し、これを1つの構成要素へと積層することを包含する。まず、導電性ポリマー材料132をスタンピング型134上にスピン塗布することによって塗布する。図5aに示すように、スピンコートされた材料132はスタンピング型134の波型に従った波型の上側表面を有してもよい。透明基材138、電極140および導電性ポリマー142から成る構成要素を、図5bに示すように、別に形成する。スピンコートされたスタンピング型134を逆さにし他方の構成要素の上に配置して、ポリマー132と142が互いに接するようにする。図5cに示すように、圧力（熱でもよい）をかけて2つの構成要素を一体に積層する。ポリマー132と142は結びついて単一層144を形成する。ポリマー132と142はその表面形態において違いはなく、可塑性によって、ポリマーは結合して単一層144を形成する。その後、スタンピング型134を図5dに示すように除去して、透明ベース138、その上に形成された電極140および電極上に形成され、波型の上側表面146を有する導電性ポリマー層144を有する単一の構成要素を残す。

【0032】所望の構成要素を形成するまた更なる方法を図6に示す。この方法は図4のポリマー溶液法と図5の積層法の組み合わせを用いる。具体的には、図6aに示すように、導電性ポリマー材料148をスタンピング型150にスピン塗布することによって塗布する。別に、その上に電極154を有する透明基材152を、図6bに示すように、導電性ポリマー溶液156を電極表面に塗布することにより調製する。次に、図6cに示すように、スピン塗布された型150を逆さにしポリマー溶液156に押し付ける。次に熱を印加して、溶剤を蒸発させ、ポリマー148と156から単一層158を形成する。使用するポリマーが積層法にとって十分な可塑性がない場合でも、この方法は波型表面を有する単一層を形成することができる。先と同様に、型の除去により、透明ベース、その上に形成された電極および、電極上に形成され、波型の上側表面を示す導電性ポリマーを有する単一の構成要素を残す。

【0033】すでに記載したように、波型表面の基本的機能は導波路伝播モードを放射モードと接合することである。制限内で、波型の深さまたは幅はモード間の接合の強さを制御する（深さが深いほど高い接合を提供する）。典型的に、波型の深さは50nm程度、即ち活性層の深さと同様でよい。しかし、もっと重要なことは恐らく、波型の周期である。

【0034】（周期）図7は、制御されるべき波型活性層のいろいろなパラメータを示す。この観点において、色々なパラメータに関して、以下のような式が誘導される。

【0035】特に以下の記載は基材の第2の領域に関して与えられるものであるが、第1の領域で起こる接合を同様に理解することができることは明白である。

【0036】活性層の高さ（または深さ）を h で表す。図7に示すように、活性層中の導波路モード内を伝播する光は活性層の上側および下側表面から角度 θ_m で反射される（ここで m を用いてモード数を示す）。この表面からの反射があるところで相変化があり、これは活性材料とその各側の材料との間のそれぞれの屈折率に依存する。上側および下側表面におけるこれらの相変化を符号 ϕ_u および ϕ_d でそれぞれ示す。 λ を所望の（真空中での）出力波長とし、真空中での伝播定数（propagation constant）を k とし、 β を活性材料中での伝播定数とし、波型のピッチを示すために Λ および整数を示すために n を用いると、これらのパラメータは次の式によって関係付けられる：

$$2nhk\cos\theta_m - 2\phi_u - 2\phi_d = 2m\pi$$

$$\beta = nk\sin\theta_m$$

$$k = 2\pi/\lambda.$$

20 活性層の波型表面に沿った隣接部分を考えると、位相差が各隣接部分からの放射線の発光において存在することは明らかである。放射モード出力は従って、波型ピッチの長さによって分離される部分からの出力が一相内にあるように確保することによって増強される。従って、活性層に沿った位相差、 $\Delta\phi$ が波型のピッチ、 Λ と、活性層内の伝播定数、 β の積に等しくなるように構成すべきである。例えば、図7において矢印AおよびBで示す2つの地点での放射線の出射は、互いに一相内にあるべきである、即ち $\Delta\phi = \beta\Lambda$ を確保するように構成される。

30 従って強力な放射モードの発光のためには：
 $\Delta\phi = \beta\Lambda = 2\pi v$ ($v = 1, 2, 3, \dots$)
 故に： $\Lambda = v\lambda / n\sin\theta_m$

である。

【0037】即ち、波長 λ の放射モードにおいて強力な発光を達成するのに必要なピッチは角 θ_m の比較的単純な関数であり、この角は活性層の深さおよび屈折率および接合される導波路伝播モード数によって決定される。

40 【0038】（周期構造）波型表面は、図8(a)の3つの実施例の第1番目に示すように、単純な回折格子の形状を有することは図3～6から理解されるであろう。これは1つの事例かもしれないが、これに限らず他の周期パターンを用いてもよい。一次元の周期構造として考えられる他の形状を図8(a)に他の2つの実施例として示す。更に、例えば、図8(b)に示すフォーマットを有する2または3次元の周期構造として考えられるものを使用することができる。これらは本質的に光子の禁止帯幅構造である。これらはある波長でのある方向の伝搬を止める。図8(b)に示す2つの実施例のうち、オフセットパターン（2番目の実施例）が、全てのドット

間距離が Λ に等しいことを示している。最も効果的であると考えられる。更に別の例は、図8(c)に示す例の、いわゆるチャープ格子(chirping grating)を使用することである。通常、格子の使用は狭いスペクトルを生じる。しかし、狭い格子の制限なく高効率を要求される場合には、チャープ格子を用いることができる。これは幅広いスペクトルを生じる。効率は改良され、素子からの発光は材料の本来の発光特性により依存する。

【0039】(光損失)放射モードに接合した導波路モードから強力な発光を得るために、導波路モードでの光損失を最小にすることが必要である。導波路における光は放射モードで直接発光された光に比べて非常に長い距離を移動する。たとえ少しの吸収でも活性層中に閉じ込められたフィールド強度を弱めることとなり、放射モードに接合した導波路モードからの発光を少なくすることになる。

【0040】波型表面を有さない平坦な導波路から来る光と、波型の導波路を通った光を考えると、光の幾分かは平面から外に屈折し、残りの部分は導波路内に反射する。電界強度は指数関数的である。平面領域での強度は入射光と反射光の合計である。波型領域での減衰曲線は $I = e^{-\gamma x}$ として記載することができ、ここで γ は導波路モードの放射モードとの接合係数を表す。導波路での吸収は、即ち $I = e^{-\alpha x}$ で記載することができ、ここで α は吸収係数である。導波路モードから強力な発光を有するために、好ましくは少なくとも10のファクターで、接合係数 γ は吸収係数よりも小さくあるべきである。

【0041】活性材料、例えば、発光低分子および発光共役ポリマーの基礎吸収は接合係数に比べて透過スペクトル領域において(例えば、 1000 cm^{-1} 以下)十分小さい。導波路モードでの吸収は活性層での吸収からだけでなく、隣接層による吸収からも発生する。隣接層からの吸収は、隣接層に存在する一過性の光のエネルギーを隣接層の媒体が吸収することができるために、発生する。陰極は金属で作られており、これは大きい吸収を有するので、陰極が活性層上に形成される場合には、導波路での吸収は金属によって規定される。吸収の程度は 1000 cm^{-1} であるので、活性層上に陰極を有する構造を本発明に使用することができるが、恐らく理想的ではない。電子輸送被覆層を好ましくは、活性層と陰極の間に配置する。電子輸送被覆層は、高い電子移動度および陰極の仕事関数に対するそのLUMOレベルの良好なマッチングを有する材料から作られるべきである。高い移動度に関して、低分子系は共役ポリマーよりこの目的により適しているかもしれない。

【0042】導波路での低吸収を達成するための好ましい構造を図9に示す。この構造は、その上に光重合層210を有する基材200を包含する。基材200と接す

る表面と反対側の光重合層210の表面は波型で透明電極220がその上に提供される。次に導電性ポリマー層または正孔輸送層230が電極220上に提供され、次いで発光層240が配置される。電子輸送層250が発光層上に提供され、構造の最上部は電極260である。層210の波型に電極260を含む全ての後続の層が従う。この構造では、電子輸送層の厚さは発光層と電子輸送層の界面での一過性の光の侵入深さより厚くあるべきである。

【0043】活性層での散乱も光損失を増加させる。散乱光はしかし、素子から発光され、従って散乱は効率を低下させない。しかし、散乱が大きい場合には、(波型パターンの周期により)素子に期待されるべき狭いスペクトル出力を得ることが困難である。低分子系は一般に、粗い表面を有し、多くの散乱点を有する。非晶質共役ポリマーはその低散乱特性のために、活性層により好適である。

【0044】導波路モードでの光損失は活性層による吸収からだけでなく、隣接層による吸収からも生じる。隣接層による吸収は、活性層界面での反射が理想表面からの反射でなく、実際には界面深さを横断する反射であるために、生じる。更に、ドメインオーダリングが活性層中に生じ、これは多結晶構造に類似している。即ち、散乱が生じこれも導波路モードでの光損失を起こす。

【0045】活性材料の吸収係数 α は、導波路モードでの光損失を低減するのに重要である。典型的に、低分子系は $500\text{ cm}^{-1} \sim 1000\text{ cm}^{-1}$ の範囲に吸収係数を有する。

【0046】低分子系を用いた組み立て方法は層中に欠陥を生じ、高度の散乱を生じる。これに比べて、ポリマー材料はインクジェット技術を用いて塗布でき、従って、低欠陥、低散乱の活性層を塗布することができる。

【0047】材料中での光損失の強度は、以下のように、材料における吸収係数 α 、距離 x に依存する。

$$I = e^{-\alpha x}$$

従って、吸収係数が大きいと、材料の深さ(例えば、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以内)で吸収に激しい変化を生じる。 $10\text{ }\mu\text{m}$ の層厚は大きい接合を生じず、従って $10\text{ }\mu\text{m}$ は下側限界と考えることができる。 100 cm^{-1} の吸収係数は $100\text{ }\mu\text{m}$ の吸収深さに対応することになり、これは所望の接合を形成するのに十分良好である。故に、共役ポリマーのような材料の使用は、活性層として低分子系の使用より望ましい。また、もちろん多くの異なったポリマー材料があり、多結晶タイプの相を示すものもあれば、非晶質相を示すものもある。本発明による素子の活性層用には非晶質共役ポリマーを使用するのが好ましい。ポリフルオレン誘導体が特に、本発明による素子において強力な発光を有する好適な材料である。

【0048】本発明の実施態様を好ましくは、 1000 cm^{-1} 以下、より好ましくは 500 cm^{-1} 以下の吸

収係数を有する発光材料を用いる。

【0049】以下、本発明をより具体的な実施例に沿って更に詳細に説明する。

【0050】

【実施例】（第1の実施例）第1の実施例には本質的に図3の方法が適用される。この実施例はガラス基材およびエポキシ光重合樹脂を使用する。フォトリソグラフィによってパターン化された電着ニッケルスタンプを用いて波型表面を形成する。300、330、360、390および450nmのピッチサイズを有する一次元周期構造を有するスタンプを用い波型の深さを50nmにセットする。ガラス基材をシリルカップラーで処理して、樹脂層との十分な接着性を確保する。電極層を、樹脂層上に120nmの厚さに塗布する。F8BT、ポリ（9、9-ジオクチルフルオレン-2，1，3-ベンゾチアジアゾール）で形成された活性層をスピン塗布によって電極層上に塗布する。F8BTは低い光損失を有する非晶質材料である。活性層は140nmの厚さおよび 100 cm^{-1} 以下の吸収係数を有する。Ca100nm/Al300nmで形成された金属電極を蒸着塗装によって活性層上に提供する。

【0051】（第2の実施例）第2の実施例には本質的に図4の方法が適用される。この実施例は平坦な電極層を備えたガラス基材を使用する。導電性ポリマー層を、PEDOT（ポリ-3，4-エチレンジオキシチオフェン）およびPSS（ポリスチレンスルホン酸）の1：5～1：100の割合の混合物の水溶液を用いて形成する。PSSは本質的にPEDOT材料用の可撓性マトリックスとして使用する。PSSは従来のポリマーであって、これはスタンピングおよび鋳造処理を行うのが比較的容易である。PEDOTは共役ポリマーであって、これは非共役ポリマーほど容易に処理されない。これはより高い導電性を有するが、より低可塑性のバルク特性を有する。薄層の使用は、導電性の重要性を低減するので希釈されたPEDOTの使用は許容できる。

【0052】（ニッケルスタンプを用いて形成された）ポリマースタンプ型を用いて導電性ポリマー層の表面に波型を形成する。即ち、ポリマー溶液を電極層上に塗布しポリマースタンプ鋳型を溶液に適用し、80℃で24時間放置して乾燥させる。鋳型を次に除去し活性層をスピン塗布によって塗布する。活性層はF8BT、ポリ（9，9-ジオクチルフルオレン-2，1，3-ベンゾチアジアゾール）で140nmの厚さに形成する。吸収係数は 100 cm^{-1} 以下である。Ca100nm/Al300nmで形成された金属電極を蒸着塗装によって活性層上に提供する。

【0053】第2の実施例の第1の改良バージョンは、本質的に図5の方法を用いて形成する。即ち、導電性ポリマー溶液をニッケルスタンプおよび電極層上にスピン塗布する。このように形成された2つの構成要素を一

体に真空中で200℃で5分間プレスし、次いでニッケルスタンプを引き離す。

【0054】第2の実施例の第2の改良バージョンを、本質的に図6の方法を用いて形成する。即ち、導電性ポリマー溶液を可塑性の鋳型および電極層上にスピン塗布する。2つの構成要素を一体に結合させ、真空中で80℃で24時間乾燥する。次いで可塑性の鋳型を除去する。

【0055】（第3の実施例）第3の実施例を本質的に第1の実施例で使用した方法および材料に従って形成するが、この場合にはスタンプをドットの配列に浮き彫りにする。即ち、周期構造は図8(b)に示すタイプである。第3の実施例は高指向性の出力を示し、発光ピークは第1の実施例のものの2.5倍である。第1の実施例の一次元周期構造は「線」の出力指向性を生じるが、第3の実施例の二次元周期構造は「柱状」の出力指向性を生じる。

【0056】（第4の実施例）第4の実施例を本質的に第1の実施例で使用した方法および材料に従って形成するが、この場合にはスタンプを「チャーピング」(chirping)格子に浮き彫りにする。即ち、周期構造は図8(c)に示すタイプである。

【0057】（第5の実施例）第5の実施例は本質的に第1の実施例で使用した方法および材料に従っているが、この場合にはスタンプは異なる周期または異なる設計の格子を同じ基材上に備えている。従って、格子のそれぞれ1つを有する各領域は各波長をそれぞれ強め、従って実施例は複数色の出力を提供する。出力の高指向性は液晶表示パネルで従来から実用化されているもののような表示素子用としての素子の有用性を低減する。しかし、出力の高指向性は投影表示装置のようないろいろの別の用途に特に好適な素子を提供する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態にかかる発光素子を示す断面図。

【図2】本発明の第2の実施形態にかかる発光素子を示す断面図。

【図3】本発明の発光素子に使用するための基材を形成する方法の例をその工程に沿って示す断面図。

【図4】本発明による発光素子に使用するための基材を形成する別の方法をその工程に沿って示す断面図。

【図5】本発明による発光素子に使用するための基材を形成する更なる方法をその工程に沿って示す断面図。

【図6】本発明による発光素子に使用するための基材を形成する更に別の方法をその工程に沿って示す断面図。

【図7】活性層のためのピッチ選択に関する種々のパラメータを示す線図。

【図8】本発明を実行する際に採用することができる種々の周期構造を示す図。

【図9】導波路における低吸収を達成するための発光素

(9)

特開2002-313562

15

16

子の好ましい構造を示す断面図。

【符号の説明】

10 発光素子

12 基材

14 ベース

* 16 透明樹脂層

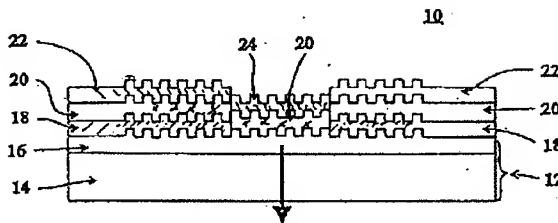
18 第1の不透明電極

20 活性材料層

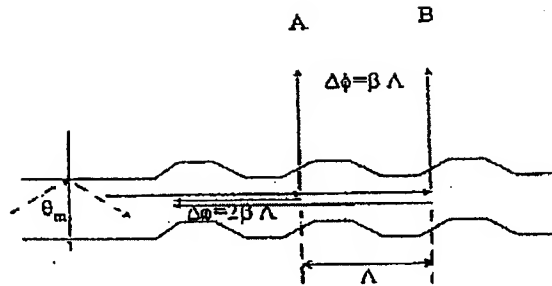
22 第2の不透明電極

* 24 ミラー

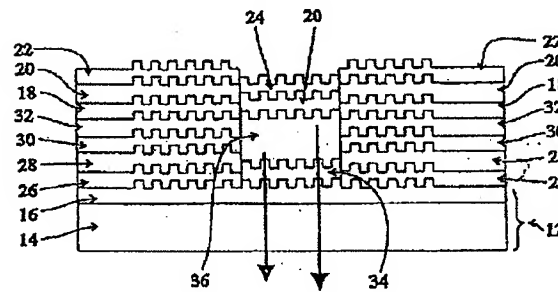
【図1】



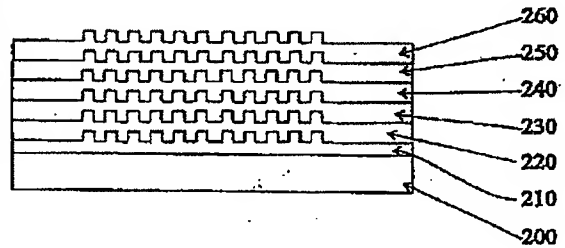
【図7】



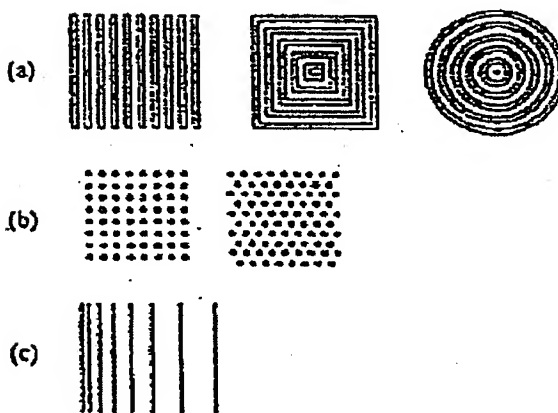
【図2】



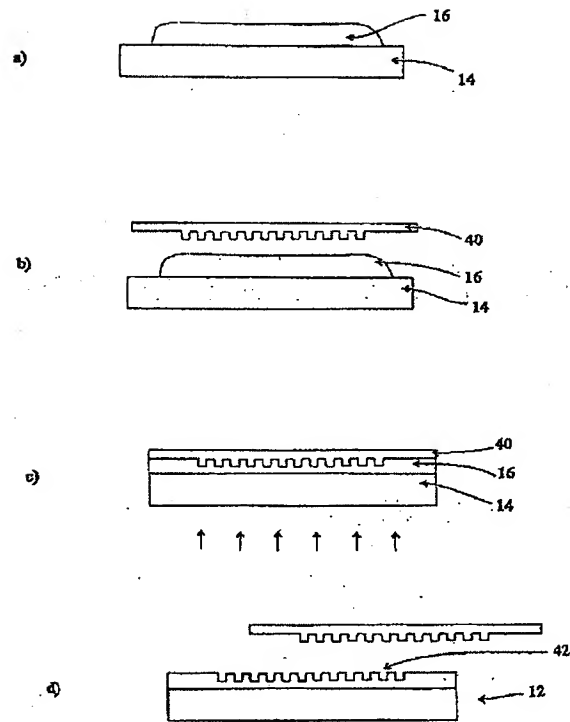
【図9】



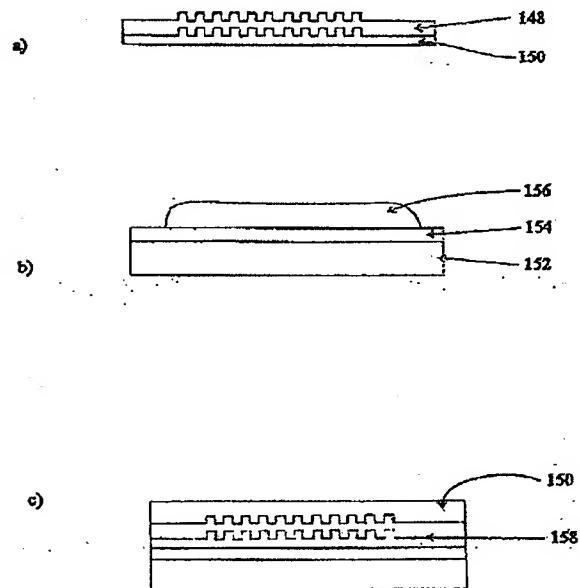
【図8】



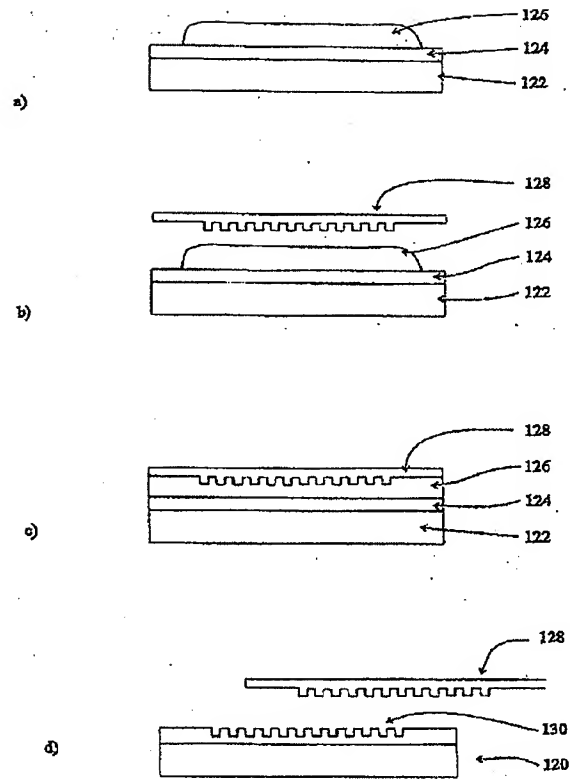
【図3】



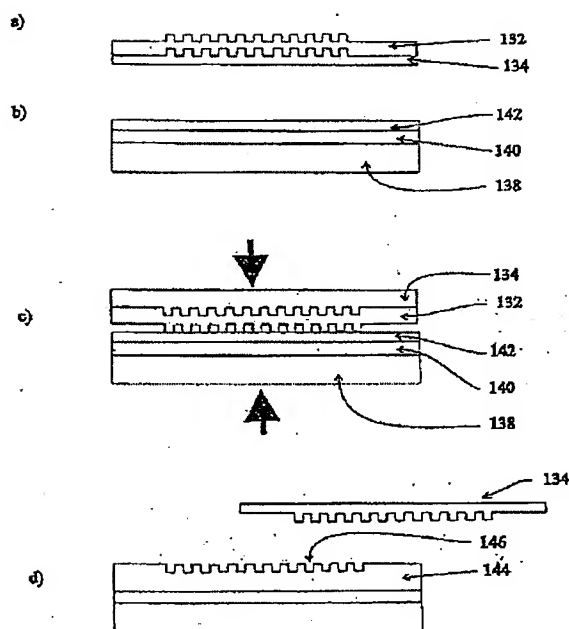
【図6】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(71)出願人 501023524

ケンブリッジ大学テクニカルサービスリミ
テッド

Cambridge Universit
y Technical Service
s Limited

ザ オールド スクールズ トリニティ
レーン ケンブリッジ CB2 ITS
イギリス

The Old Schools Tri
nity Lane Cambridge
CB2 ITS United Kin
gdom

(72)発明者 川瀬 健夫

イギリス ケンブリッジ CB2 ITS
トリニティ レーン ザ オールド ス
クールズ ケンブリッジ大学テクニカルサ
ービスリミテッド内

Fターム(参考) 3K007 CA01 CA05 CB04 CC01 DA00
DB03 EB00 FA01 FA03